Iranian Journal of Animal Science Research
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

Research Article
Vol. 15, No.4, 2023, p. 489-501

Investigating the Residual Heavy Metals Lead, Cadmium, Chromium, Arsenic and Nickel in Milk and Body Tissues of Holstien Dairy Cows

Ahmad Davtalabzarghi[1], Moslem Bashtani[2*], Abbasali Naserian[3], Mehrdad Mohri[4]

1- Ph.D. Student, Department of Animal Science, Birjand University. Birjand. Iran.
2- Professor, Department of Animal Science, Birjand University. Birjand. Iran.
3- Professor, Department of Animal Science, Ferdowsi University, Mashhad, Iran.
4- Professor, Department of Vetrinary Science, Ferdowsi University, Mashhad, Iran.
*Corresponding Author's Email: mbashtani@birjand.ac.ir

Received: 11-01-2023
Revised: 23-06-2023
Accepted: 27-06-2023
Available Online: 07-06-2022

How to cite this article:
Davtalabzarghi, A., Bashtani, M., Naserian, A., & Mohri, M. (2023). Investigating the residual heavy metals lead, cadmium, chromium, arsenic and nickel in milk and body tissues of Holstien dairy cows. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *15*(4), 489-501. (in Persian with English abstract) . https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.79760.1119

Introduction: Environmental pollution, including pollution caused by urban and industrial sewage, factories and vehicles, causes pollution of natural resources in the environment, including water and fodder. The entry of these elements into the body of animals and their accumulation increases their concentration in products and enters the human food chain. Contamination of milk, meat and other edible tissues of animals with heavy metals is also a worrying issue and threatens food hygiene and human health because these elements are not naturally present in edible tissues and even very small amounts of them can be cause severe side effects. Scientists have mentioned the main cause of contamination of meat and animal tissues is feeding them from contaminated fodder sources or rearing them near contaminated areas. In the studies conducted in different countries, the amounts of heavy elements were more than allowed.

Material and Methods: In order to investigate the amounts of heavy metals including lead, cadmium, chromium, arsenic and nickel in milk and body tissues of dairy cows in North Khorasan province, two experiments were conducted in three regions and the amounts of heavy metals in milk and body tissues of dairy cows using the device Inductively coupled plasma-atomic diffusion (ICP) was measured, and studied.

In the first experiment, three dairy cattle farms were selected from three regions, two farms were located in two regions at equal distances from large industries, and the third region was selected as a control region far from large industries. In each of the farms, 10 dairy cows (5 first lactation and 5 second lactation and above) was sampled and the amounts of elements were measured. In the second experiment, muscle, heart, liver, kidney and lung tissues were sampled from 5 dairy cows from each region that were removed and sent to the slaughterhouse for reasons such as mastitis and reproductive problems. Heavy metals, including lead, cadmium, chromium, arsenic and nickel, were measured in the tissues by an inductively coupled atomic diffusion plasma (ICP) device.

Result and Discussion: The initial experiment's findings indicate that the levels of arsenic, cadmium, and lead in the milk of Holstein cows remained unaffected by varying regions. However, there were significant regional impacts on the levels of chromium and nickel in the milk of Holstein cows. Furthermore, the concentrations of arsenic, cadmium, nickel, and lead in the milk of Holstein cows were not influenced by the age of the cows or the interaction between region and age. In contrast, the concentration of chromium exhibited sensitivity to age and the interaction between region and age. These nuanced insights highlight the diverse influences on trace metal concentrations in Holstein cow milk, providing valuable information for understanding

https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.79760.1119

regional and age-related variations. The amount of arsenic, cadmium and lead metals in the thigh muscle tissue of Holstein cows in different regions was not significantly affected by regions. However, the amount of chromium and nickel in the thigh muscle tissue was significantly affected in different areas. The amount of arsenic, chromium, nickel and lead in the heart tissue was not significant in any of the regions (Shirvan, Esfrayen and Bojnoord). The amount of cadmium in the heart tissue of Holstein cows was significantly affected by different regions. Thus, the highest amount of cadmium in heart tissue was observed in Bojnord region and the lowest in Esfrayen region. The amount of chromium, nickel and lead in the tissue of all Holstein cows in different regions was not affected. However, the amount of arsenic and cadmium in the kidney tissue was significantly affected in different areas (Shirvan, Esfrayen and Bojnoord). Based on the obtained results, there was no significant difference in the amount of arsenic, cadmium and lead in lung tissue in different regions. However, the amount of chromium and nickel in the lung tissue of Holstein cows was significantly affected in different regions. Chromium enters various environmental sources (air, water and soil) from a wide range of natural and human sources, the most of which is emitted from industrial activities. When heavy metals are present in the air, feed and water of animals, they eventually accumulate in their tissues.

Conclusion: While the levels of heavy metals did not exhibit significant differences across many investigated areas, it is noteworthy that the concentrations surpassed the standard values established for these metals in products like milk. The elevated concentrations raise concerns about the potential health implications associated with consuming products containing such heightened metal levels. An interesting observation emerges from the examination of elemental concentrations in tissues, irrespective of regions and distances. The lead element, in particular, demonstrated the highest concentrations, with the liver exhibiting the most notable accumulation compared to other tissues. This underscores the need for strategic interventions, and the consideration of solutions such as the application of absorbents to mitigate metal concentrations in dairy cattle products emerges as a viable recommendation. Implementing such measures could play a crucial role in ensuring the safety and compliance of dairy products with established standards.

keywords: Body tissues, Dairy cows, Heavy metals

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۱۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۲، ص. ۵۰۱-۴۸۹

مقاله علمی - پژوهشی

بررسی مقادیر باقی‌مانده عناصر سنگین سرب، کادمیوم، کروم، آرسنیک و نیکل در شیر و بافت های بدن گاوهای شیری هلشتاین

احمد داوطلب زرقی[۱]، مسلم باشتنی[۲*]، عباسعلی ناصریان[۳]، مهرداد مهری[٤]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۶

چکیده

وجود عناصر سنگین در خوراک و آب مصرفی دام‌ها سبب آلودگی محصولات دامی و بروز مشکلات بهداشتی و سلامتی برای انسان شده که این موضوع نگران‌کننده و مهم است، لذا به‌منظور بررسی مقادیر باقی‌مانده عناصر سنگین شامل سرب، کادمیوم، کروم، آرسنیک و نیکل در شیر و بافت‌های بدن گاوهای شیری هلشتاین در استان خراسان شمالی دو آزمایش در سه منطقه طراحی و مقادیر عناصر فوق در شیر و بافت‌های بدن گاوهای شیری با استفاده از دستگاه پلاسمای جفت شده القایی- نشر اتمی (ICP) اندازه‌گیری، و مورد مطالعه قرار گرفت. در آزمایش اول، سه واحد گاوداری شیری در فواصل مکانی یکسان از صنایع بزرگ استان انتخاب گردید و در هر واحد از شیر تعداد ۱۰ راس گاو شیری نمونه‌گیری و مقادیر عناصر فوق اندازه‌گیری گردید. در آزمایش دوم، از تعداد پنج راس از گاوهای شیری هر یک ازمناطق فوق از بافت‌های عضله ران، قلب، کبد، کلیه و ریه‌های آن‌ها نمونه‌گیری و عناصر سنگین در بافت‌های فوق اندازه‌گیری شد. نتایج آزمایش اول نشان داد، میزان کروم در شیر گاوهای منطقه یک و میزان نیکل در شیر گاوهای منطقه دو به‌طور معنی‌داری بالاتر از سایر مناطق بود. نتایج آزمایش دوم نشان داد، میزان فلزات کروم و نیکل در بافت عضله ناحیه ران گاوهای منطقه یک و میزان کادمیوم در بافت قلب گاوهای منطقه سه به‌طور معنی‌داری بالاتر از سایر مناطق بود. میزان عناصر آرسنیک و کادمیوم در بافت کلیه و میزان کروم و نیکل در بافت ریه گاوهای هلشتاین نیز تحت تأثیر مناطق مختلف قرار گرفت، به‌طوری‌که میزان آرسنیک، کروم و نیکل در منطقه دو، و میزان کادمیوم در منطقه سه بالاتر ازسایر مناطق بود. بدون در نظر گرفتن مناطق، بالاترین مقادیر عناصر در بافت‌ها مربوط به غلظت عنصر سرب بود و کبد بیشترین غلظت سرب را نسبت به سایر بافت‌ها داشت.

واژه‌های کلیدی: بافت‌های بدن، عناصر سنگین، گاو شیری

مقدمه

آلودگی‌های زیست‌محیطی شامل آلودگی‌های ناشی از فاضلاب های شهری و صنعتی، کارخانجات و وسایل نقلیه باعث آلودگی منابع طبیعی از جمله آب‌ها و علوفه‌ها می‌گردند. ورود عناصر سنگین به بدن حیوانات و تجمع آن‌ها باعث افزایش غلظت آن‌ها در تولیدات شده و به زنجیره غذایی انسانی وارد می‌شوند. شیر یک غذای کامل است که شامل پروتئین‌ها، مواد معدنی، چربی‌ها و قندهایی بوده که برای سلامت انسان مهم هستند (Pereira *et al.*, 2012). شیر در پیشگیری از بسیاری از بیماری‌ها مفید می‌باشد که در صورت آلودگی به‌علت مصرف بالا در بین افراد جامعه به‌ویژه کودکان می‌تواند آسیب‌های جبران‌ناپذیری را موجب گردد. مطالعات نشان داده است، در مناطق شهری شهر فیصل‌آباد پاکستان که مزارع با فاضلاب‌های

۱- دانشجوی دوره دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۲- استاد، گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۳- استاد، گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۴- استاد گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: mbashtani@birjand.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/ijasr.2023.79760.1119

شهری و صنعتی آبیاری می‌شدند، غلظت فلـزات سـنگین در خـاک و گیاهان پـرورش یافتـه در ایـن منـاطق بسـیار افـزایش یافتـه اسـت، حیواناتی که از علوفه این مزارع اسـتفاده کـرده‌انـد، مقـادیر زیـادی از فلزات سنگین در شیر و گوشت آن‌ها گزارش شده است (Najam et al., 2015). آلودگی گوشت و سایر بافت‌های خوراکی دام‌ها با فلـزات سنگین نیز یک مسئله نگران‌کننده است و بهداشـت غـذا و سـلامتی انسان را تهدید می‌کند، زیرا این عناصر به‌طور طبیعـی در بافـت‌هـای خوراکی وجود ندارد و حتی مقادیر بسیار کم آن‌ها نیز می‌تواند عوارض شدیدی ایجاد کند (Korenekova et al., 2002). به‌عنـوان مثـال، آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان بر اساس شواهدی که در مطالعات انسانی انجام شـده اسـت، برخـی از فلـزات سـنگین را بـرای انسـان سرطان‌زا می‌دانند و برخی از فلزات برای سیسـتم‌هـای حسـاس و در حال رشد سریع جنین ها، نوزادان و کودکان خردسال سـمی هسـتند. سرب و جیوه مخصوصاً می‌توانند به‌راحتی از جفت عبور کرده و به مغز جنین آسیب برسانند (Series, 2009). دانشمندان علت اصلی آلودگی گوشت و بافت‌های حیوانی را تغذیه آن‌ها از منابع علوفه‌ای آلوده و یـا پرورش آن‌ها در نزدیک مناطق آلوده ذکر کرده‌اند (Korenekova et al., 2002). در مطالعه‌ای به‌منظور بررسی ارتباط سرب موجود در شیر خام با سـرب موجـود در آب شـرب میـزان سـرب موجـود در شـیر و همچنین آب مصرفی گاوداری‌های شهر تهران تعداد ۱۰۰ نمونه شـیر خام و ۱۰ نمونـه آب مـورد آزمـایش قـرار گرفـت. نتـایج نشـان داد، میانگین غلظت سرب در شیر خام ۲۶۴ ppb بود که با توجـه بـه حـد استاندارد کدکس۲۰۰۷ نشان‌دهنده آلودگی بیش از حد مجـاز تمـامی نمونه‌های شیر بـه سـرب مـی‌باشـد (Radmehr et al., 2010). در مطالعه دیگری در شهر کرد میزان سرب و کادمیوم در شیر خام و شیر پاستوریزه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد، میانگین غلظـت سرب در شیر خام۶۰/۷۲ ppb و در شیر پاسـتوریزه ۱۳/۵۷ ppb بـوده است (Bonyadian et al., 2006). برخی مطالعات از تفاوت غلظـت سرب در فصل تابستان نسبت به زمستان گزارش داده‌اند که افـزایش میزان آن در تابستان را به مصرف بیشتر آب نسبت داده‌اند (Aslam, 2010). مطالعات نشان می‌دهد که در زمـان تغذیـه دام‌هـا بـا علوفـه آغشته به سرب بخش اصلی این فلـزات سـنگین مسـتقیماً وارد شـیر نمی‌شوند و بدن همانند یک فیلتـر بیولوژیـک عمـل کـرده و بخـش زیادی از سرب وارد شده جذب نمی‌شود و مقادیر جذب شده نیز ابتـدا به استخوان‌ها، کبد و کلیه‌ها منتقل شده و تجمع می‌یابند و سـپس از این بافت‌ها به شیر منتقل می‌شوند (Harding, 1995). در مطالعه‌ای، وفا و همکاران (Vafa et al., 2018) در گاوداری‌هـای اطـراف شـهر مشهد میانگین عنصر سرب در شیر گاوداری‌های سه منطقه را اندازه‌گیری کردند و میانگین میزان سرب را ۱/۱۳۵، ۰/۷۷۸ و ۰/۱ میلـی‌گرم در لیتر شیر گزارش کردند. همچنین، اندازه‌گیری سـرب در شـیر گاوها در فصل تابستان و زمستان حاکی از افـزایش میـزان سـرب در فصل تابستان در هر سه منطقه نسبت به فصل زمستان بود (Vafa et al., 2018).

مهم‌ترین منابع کادمیوم که باعث آلوده شـدن محـیط مـی‌شـوند خوشبوکننده‌ها، سوخت‌های فسیلی، پسماندهای شهری، پلاستیک‌هـا و باتری‌ها می‌باشد. حداکثر غلظـت مجـاز کـادمیوم در آب آشـامیدنی یک میکروگرم در لیتر است. سفره‌های آب زیرزمینی بـه‌نـدرت دارای کادمیوم بالایی هستند، مگر اینکه توسط پسماندهـای صـنعتی آلـوده شوند. نوشیدن آب‌های دارای مقدار کم کادمیوم نیز باعـث تجمـع آن در بدن می‌شـود (ATSDR, 2008). در مطالعـه‌ای در ایـران و شـهر اصفهان غلظت کادمیوم در ماهیچه، کلیه‌ها و کبد گاوها انـدازه‌گیـری شد و نتایج نشان داد که مقدار کادمیوم در بافـت‌هـای ایـن دام‌هـا در بالاترین سطح مورد قبول و توصیه شـده توسـط اروپـا قـرار داشـت (Rahimi and Rokni, 2008). در مطالعه‌ای اثرات افـزودن سـطوح ۲،۰، ۵ و ۱۰ میلی‌گـرم کـادمیوم در کیلـوگرم مـاده خشـک در تغذیـه گوساله‌های پروار در مشهد مورد بررسی قرار گرفت، نتـایج نشـان داد با افزایش میزان کادمیوم در جیره غلظت کادمیوم در بافت‌ها خصوصـاً کبد و کلیه افزایش معنـی‌داری نشـان داد (Khorashadi Zadeh et al., 2017). در مطالعه‌ای در منطقه شهرکرد، میزان کادمیوم در شـیر خام و شیر پاستوریزه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت، میزان کـادمیوم در شیر خام ۲/۸۷ ppb و در شـیر پاسـتوریزه ۱/۰۳ ppb گـزارش شـده است (Bonyadian et al., 2006). میزان مجاز کادمیوم در شیر خام بر اساس کدکس ۲۰۰۰، ۰/۰۱ ppm می‌باشد (Saber and Parviz, 2017).

آلودگی آب‌های سطحی با آرسنیک نیز به‌عنوان یکی از مشکلات زندگی امروزی است که به‌ویژه در کشورهـای جهـان سـومی بیشـتر مشاهده می‌شود. این عنصر از طریق مواد خوراکی مانند دانه برنج وارد بدن انسان شده و از طریق کاه برنج آلوده بـه آرسـنیک و اسـتفاده در تغذیه گاوها منجر به آلوده شدن بافت‌هـا و انـدام‌هـا مـی‌شـود. شـیر تولیدی گاوهایی که در بنگلادش از شالیزارهای دارای آرسـنیک بـالا تغذیه شده بودند، ۰/۱۶ میلی‌گرم افزایش نشان داد که ۱۲ برابـر حـد مجاز آرسنیک در شیر است (Sambu and wilson, 2008).

آکادمی ملی علوم (NRC) مقدار مجاز کروم در غذای روزانه یک فرد بالغ در طـی روز را ۵۰ میکروگـرم تعیـین کـرده اسـت (NRC, 1996). نتایج برخی مطالعات نیز نشان می‌دهد کـه میـانگین غلظـت نیکل در شیر گاو و بز به‌ترتیب ۱۵ و ۱۳/۵ میکروگرم در کیلوگرم بود و مقدار نیکل موجود در کبد حدود ۲۳۱ میکروگرم در کیلوگرم گزارش شده، درحالی‌که مقدار نیکل موجود در بافـت‌هـای ماهیچـه‌ای حـدود ۳۵۰ میکروگرم در کیلوگرم گـزارش شـده اسـت (Korenekova et al., 2002).

کربن فعال، زئولیت و بنتونیت از جمله جاذب‌هـای اسـتفاده شـده جهت جذب سموم در خوراک دام و طیور می‌باشـند (Huwig et al.,

2001). تحقیقات نشان داده است، کربن فعال و جاذب‌های سموم قارچی قادر به جذب فلزات سنگین از جمله کادمیوم می‌باشند. جاذب هایی مانند بنتونیت و کربن فعال کادمیوم را به خود جذب می‌کنند. به‌طور کلی، جاذب‌هایی همانند بنتونیت، کائولن و زغال فعال به‌دلیل سطح زیاد و ظرفیت بالای جذب کاربرد فراوانی دارند، به‌طوری که علاوه‌بر جاذب سموم قارچی جیره غذایی دام، برای حذف فلزات سمی مانند آرسنیک نیز استفاده می‌شوند (Hereshberger *et al.*, 1971).

با توجه به موارد مطرح شده، هدف از مطالعه حاضر، بررسی میزان عناصر سنگین در شیر و بافت‌های خوراکی بدن گاوهای شیری در حال پرورش در مناطق اطراف صنایع بزرگ همانند پتروشیمی، سیمان و فولاد بود تا در حد امکان از پرورش در این مناطق خودداری شده و یا از روش‌های مناسب جهت کاهش آن‌ها استفاده گردد.

مواد و روش ها

در آزمایش اول، مقدار فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، آرسنیک،کروم و نیکل) در شیر گاوداری‌های استان خراسان شمالی مورد مطالعه قرار گرفت. بدین منظور سه منطقه در استان خراسان شمالی در شهرهای بجنورد با مجاورت کارخانه پتروشیمی خراسان و سیمان بجنورد، اسفراین در مجاورت کارخانه فولاد و لوله گستر اسفراین و شیروان بدون مجاورت با صنایع انتخاب شد و در هر منطقه یک واحد گاوداری صنعتی جهت نمونه‌گیری شیر انتخاب و تعداد ۱۰ راس گاو مورد نمونه‌گیری قرار گرفت. نمونه‌گیری در فصل بهار سال ۹۸ انجام و کلیه نمونه‌های گرفته شده برای اندازه‌گیری عناصر ذکر شده فوق مورد آزمایش قرار گرفتند. ۳۰ راس گاو انتخاب شده در مرحله اول شیردهی بوده و از ابتدای فصل بهار مورد تغذیه در شرایط یکسان قرار گرفته و در پایان هر ماه نمونه‌گیری از شیر انجام گردید. از ظروف پلاستکی ۵۰ میلی‌لیتری که در اسید نیتریک ۱۰ درصد به مدت ۲۴ ساعت غوطه‌ور شده و سپس با آب دو بار تقطیر آب‌کشی شده‌اند، جهت نگهداری نمونه‌ها استفاده گردید. نمونه‌های گرفته شده از دو وعده شیردوشی هر راس گاو در آزمایشگاه مخلوط شده و یک نمونه همگن از آن‌ها حاصل شد. در مجموع، ۹۰ نمونه گرفته شده (سه دوره یک ماهه) پس از آماده‌سازی غلظت فلزات سنگین آن‌ها به روش دانالاکشمی توسط دستگاه پلاسمای جفت شده القایی- نشر اتمی (ICP) اندازه‌گیری شد. نمونه‌گیری بر اساس روش‌های AOAC (AOAC, 1990) و اندازه‌گیری عناصر سنگین با استفاده از دستگاه ICP انجام گردید (Dhanalakshmi and Gawdaman, 2013). میزان فلزات سنگین در اقلام خوراکی و آب مورد استفاده در این آزمایش اندازه‌گیری در جدول ۱ زیر آورده شده است.

جدول ۱- میزان فلزات سنگین در اقلام خوراکی و آب (میلی‌گرم در کیلوگرم)

Table 1- The amount of heavy metals in feed and water (mg/kg)

مورد Item	سرب Pb	نیکل Ni	کروم Cr	کادمیوم Cd	آرسنیک As
کنسانتره concentrate	1/953±0/1253	8/740±0/0294	1/770±0/0047	0/0313±0/001	1/4267±0/139
سیلاژ ذرت Corn silage	0/2787±0/0394	0/7357±0/0060	1/2467±0/0119	0/0117±0/0014	0/3503±0/0212
یونجه Alfalfa	0/7910±0/0019	1/7603±0/0010	1/0587±0/0385	0/0453±0/0007	0/5313±0/0180
آب Water	0/0147±0/0011	0/0027±0/0005	1/0047±0/0003	0/0±0	0/0053±0/0003

داده‌های مربوط به آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مدل آماری طرح به‌صورت زیر می‌باشد (SAS, 2009).

$$Y_{ij} = \mu + L_i + e_{ij}$$

که در آن، Y_{ij}: متغیر وابسته، μ: میانگین کل، L_i: اثر منطقه، و e_{ij}: اثر خطای آزمایشی می‌باشند.

در آزمایش دوم، میزان فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، آرسنیک،کرم و نیکل) در بافت‌های بدن گاوهای شیری در استان خراسان شمالی مورد بررسی قرار گرفت. در این آزمایش تعداد پنج راس از گاوهای کشتار شده در طول فصل بهار (ابتدای آزمایش تا انتهای آزمایش) از هر منطقه و در مجموع، ۱۵ راس گاو کشتار شده از همان گاوداری شهرستان‌های بجنورد، اسفراین و شیروان مورد نمونه‌گیری از بافت‌های داخلی (ریه، کبد، کلیه، قلب و عضله سه سر ران) قرار گرفتند. گاوهای فوق به دلایلی همانند ورم پستان، مشکلات تولیدمثلی ، تولید پایین و جابجایی شیردان یا عوامل مشابه حذف شده بودند، از هر یک از بافت‌های ذکر شده به‌میزان ۱۵ گرم نمونه‌برداری شد. و در مجموع، ۷۵ نمونه مورد آزمایش قرار گرفت. نمونه‌گیری از بافت‌ها بر اساس دستورالعمل AOAC (AOAC, 2000) انجام و تمامی نمونه‌ها در ظروف درپوش‌دار پلاستیکی در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری و به آزمایشگاه منتقل گردید.

ظروف قبل از نمونه‌گیری به‌مدت ۲۴ ساعت در محلول ۱۰ درصد اسید نیتریک غوطه‌ور شده و پس از آبکشی جهت نمونه‌گیری مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌ها پس از مراحل هضم و آماده‌سازی به‌روش اویماک و همکاران با استفاده از دستگاه پلاسمای جفت شده القایی- نشر اتمی (ICP) مقادیر عناصر سنگین آن‌ها اندازه‌گیری گردید. (Oymac *et al.*, 2017).

داده‌های مربوط به آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مدل آماری طرح به‌صورت زیر خواهد بود (SAS.Statistical،2009).

$$Y_{ij}= \mu+L_i +e_{ij}$$

که در آن، Y_{ij}: متغیر وابسته، μ: میانگین کل، L_i: اثر مکان و e_{ij}: اثر خطای آزمایشی هستند.

شهرستان شیروان به‌عنوان منطقه ۱ بدون مجاورت با صنایع، شهرستان اسفراین به‌عنوان منطقه ۲ با مجاورت کارخانجات فولاد و لوله گستر اسفراین و منطقه ۳ شهرستان بجنورد با مجاورت کارخانجات سیمان و پتروشیمی خراسان نام‌گذاری شدند.



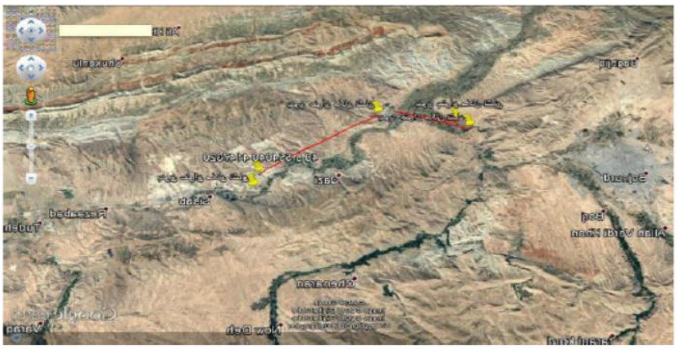
شکل۱-شیروان منطقه ۱ شاهد بدون مجاورت با کارخانجات

Figure 1- Shirvan district 1 Shahid without proximity to factories



شکل۲-اسفراین منطقه ۲ در مجاورت کارخانه فولاد و لوله گستر

Figure 2- Esfrain area 2 area in the vicinity of Gostar Steel and Pipe Factory



شکل۳- بجنورد منطقه ۳ در مجاورت کارخانجات پتروشیمی خراسان و سیمان

Figure 3- Bojnoord area 3 in the vicinity of Khorasan and Siman petrochemical factories

نتایج و بحث

مقایسه میانگین تیمارهای مختلف از نظر غلظت عناصر سنگین در شیر گاوها در جدول ۲ گزارش شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده میزان آرسنیک، کادمیوم و سرب در شیر گاوهای هلشتاین تحت تأثیر مناطق مختلف قرار نگرفت. با این حال، میزان کروم و نیکل در شیر گاوهای هلشتاین به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر مناطق مختلف قرار گرفت (P<0.05). به‌طوری‌که بیشترین میزان کروم در منطقه ۱ و بیشترین میزان نیکل در منطقه ۲ نسبت به سایر مناطق مشاهده شد. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ۰/۵ پی‌پی‌ام را حداکثر سطح مجاز نیکل در شیر گزارش کردند (ISIRI, 2011). مطابق با نتایج به‌دست آمده از این آزمایش، پژوهشی بیان کرد که سطوح نیکل در شیر خام گاو جمع‌آوری شده از مناطق آلوده معمولاً بالاتر از آن هایی بود که از مناطق غیرآلوده جمع‌آوری شده بودند (Boudebbouz *et al.*, 2021). همچنین، سطح نیکل در نمونه‌های شیر خام گاو جمع‌آوری شده از گاوهای پرورش یافته در مجاورت مناطقی که درآن‌ها معدن وجود داشت، بیشتر بود (Giri *et al.*, 2020). به‌علاوه غلظت فلزات سنگین در شیر حیوانات با افزایش سن آن‌ها افزایش می‌یابد (Najarnezhad *et al.*, 2015). برخلاف نتایج این آزمایش، گاوهای شیردهی که در اطراف واحدهای صنعتی پرورش یافتند، غلظت‌های بالاتری سرب و کادمیوم در شیر آن‌ها وجود داشت، این افزایش غلظت فلزات سنگین با غلظت‌های بالاتر این آلاینده‌های سمی در علوفه و خاک مرتبط بود (Boudebbouz *et al.*, 2021). دلیل وجود تفاوت معنی‌دار نیکل و کروم در مناطق مختلف ممکن است به این دلیل باشد که، فلزات سنگین موجود در شیر ممکن است از ظروف شیر، در طی فرآوری، از طریق آب آلوده مورد استفاده برای کشاورزی، خوراک دام و محیط اطراف حیوانات تولیدکننده شیر به‌دست بیایند (Zain *et al.*, 2016). با این حال، درجه آلودگی فلزات سنگین ثابت نیست و بسته به مسیرهای مواجهه، شرایط محیطی، تغذیه حیوان، مرحله شیردهی و نژاد حیوان متفاوت است (Safaei *et al.*, 2021 ; Bousbia *et al.*, 2019).

جدول ۲– مقایسه میانگین تیمارهای مختلف از نظر غلظت عناصر سنگین در شیر گاوها (میلی‌گرم/کیلوگرم)

Table 2- Comparison of the average of different treatments in terms of the concentration of heavy metals in milk of cows (mg/kg)[1]

مورد Item	آرسنیک AS	کادمیم Cd	کروم Cr	نیکل Ni	سرب Pb
منطقه ۱ Area1	0.018	0.0005	0.037^{a}	0.005^{b}	0.074
منطقه ۲ Area2	0.021	0	0.025^{b}	0.006^{a}	0.075
منطقه ۳ Area3	0.022	0.0014	0.025^{b}	0.004^{b}	0.076
خطای استاندارد میانگین SEM	0.3808	0.2808	0.0004	0.0001	0.9326
مقدار احتمال P- value	0.0006	0.0006	0.0022	0.0003	0.0028

[1] میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P <۰/۰۵).

۱: منطقه ۱ (شیروان) ۲: منطقه ۲ (اسفراین)۳: منطقه ۳ (بجنورد)

[1] Means within same row with different superscripts differ (P<0.05).

1: Area 1 (Shirvan) 2: Area 2 (Esfrain) 3: Area 3 (Bojnoord)

میزان فلزات سنگین موجود در بافت قلب گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف در جدول ۳ گزارش شده است. با توجه به نتایج به دست آمده میزان آرسنیک، کروم، کادمیوم، نیکل و سرب در هیچ یک از مناطق (شیروان، اسفراین و بجنورد) در بافت قلب از لحاظ آماری معنی‌دار نبود.

مطابق با نتایج این آزمایش، در تحقیقی که به‌منظور تعیین غلظت فلزات سنگین (کادمیوم، نیکل و سرب) در قلب گاو، گوسفند و مرغ در کشور عراق صورت گرفت، میزان هیچ یک از فلزات سنگین در قلب معنی‌دار نبود، امّا از لحاظ عددی بیشترین میزان کادمیوم در قلب گاو مشاهده شد (Al-Zuhairi *et al.*, 2015). به‌علاوه، مطالعه‌ای به منظور ارزیابی غلظت فلزات سنگین (سرب، کروم و نیکل) در قلب گاو از کشتارگاه منتخب در کشور نیجریه انجام شد، نتایج نشان داد که غلظت فلزات تفاوت معنی‌داری نداشت (Omede *et al.*, 2018). همچنین، در پژوهش دیگری به‌منظور تعیین غلظت فلزات سنگین (کروم، نیکل و سرب) در بافت قلب گاو، گوسفند، گاومیش، بز و مرغ در کشور پاکستان انجام شد، نتایج نشان داد که میزان اندازه‌گیری شده فلزات سنگین در بافت قلب از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (Abdel-Salam *et al.*, 2013). بیان شده است که حیواناتی که رها هستند و آزادانه چرا می‌کنند، غلظت بالایی از فلزات سمی را در اندام‌های خود جمع می‌کنند (Omede *et al.*, 2018).

جدول ۳- میزان فلزات سنگین موجود در بافت قلب گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف (میلی‌گرم/کیلوگرم)

Table 3- The amount of heavy metals in the heart tissue of Holstein cows in different areas (mg/kg) [1]

مورد Item	مناطق مختلف Different areas			خطای استاندارد میانگین SEM	مقدار احتمال P- value
	1	2	3		
آرسنیک AS	0.051	0.047	0.063	0.013	0.69
کادمیم Cd	0.015	0.013	0.022	0.003	0.09
کروم Cr	0.196	0.190	0.066	0.107	0.64
نیکل Ni	0.042	0.042	0.054	0.008	0.55
سرب Pb	0.142	0.092	0.129	0.048	0.76

[1] میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P <۰/۰۵).

۱: منطقه ۱ (شیروان) ۲: منطقه ۲ (اسفراین)۳: منطقه ۳ (بجنورد)

[1] Means within same row with different superscripts differ (P<0.05).

1: Area 1 (Shirvan) 2: Area 2 (Esfrain) 3: Area 3 (Bojnoord)

میزان فلزات سنگین موجود در بافت کلیه گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف در جدول ۴ گزارش شده است. نتایج نشان داد، میزان کروم ، نیکل و سرب در بافت کلیه گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف تحت تأثیر قرار نگرفت. امّا میزان آرسنیک و کادمیوم در بافت کلیه به‌طور معنی‌داری در مناطق مختلف (شیروان، اسفراین و بجنورد) تحت تأثیر قرار گرفت (P<0.05). به‌طوری‌که کمترین میزان آرسنیک بافت کلیه در منطقه ۱ و بیشترین آن در منطقه ۲ مشاهده شد و منطقه ۳ بیشترین میزان کادمیوم در بافت کلیه را نسبت به دو منطقه دیگر به خود اختصاص داد. تجمع آرسنیک در حیوانات به نوع غذایی که مصرف می‌کنند، متفاوت است (Abdel-Salam *et al.*, 2013). غلظت کادمیوم در خوراک می‌تواند بر غلظت کادمیوم در بافت‌های حیوانی تأثیر بگذارد (Momodu *et al.*, 2019). در مطالعه‌ای که بر میزان غلظت فلزات سنگین در خوراک مصرفی از ۷۲ گاو از ۱۸ مزرعه در طول چهار فصل جمع‌آوری شد، نتایج نشان داد که محتوای کادمیوم کلیه به‌طور قابل توجهی بالاتر بود (Hashemi *et al.*, 2018).

جدول ٤- میزان فلزات سنگین موجود در بافت کلیه گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف (میلی‌گرم/کیلوگرم)

Table 4- The amount of heavy metals in the kidney tissue of Holstein cows in different areas [1]

مورد Item	مناطق مختلف Different areas			خطای استاندارد میانگین SEM	مقدار احتمال P- value
	1	2	3		
آرسنیک AS	0.014^{b}	0.075^{a}	0.047^{ab}	0.017	0.07
کادمیم Cd	0.161^{b}	0.090^{b}	0.499^{a}	0.088	0.01
کروم Cr	0.036	0.026	0.056	0.014	0.35
نیکل Ni	0.046	0.040	0.045	0.007	0.79
سرب Pb	0.221	0.201	0.211	0.063	0.98

[1] میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P< ۰/۰۵).

۱: منطقه ۱ (شیروان) ۲: منطقه ۲(اسفراین)۳: منطقه ۳ (بجنورد)

[1] Means within same row with different superscripts differ (P<0.05).

1: Area 1 (Shirvan) 2: Area 2 (Esfrain) 3: Area 3 (Bojnoord)

از طرفی، مشخص شده است که کادمیوم به‌آسانی توسط گیاهان از خاک جذب شده و به‌طور غیرمستقیم از طریق گیاه به حیوانات منتقل می‌شود (Hashemi *et al.*, 2018). همچنین غلظت کادمیوم در مناطق کشاورزی می‌تواند تحت تأثیر کود فسفاته و آفت‌کش‌ها قرار گیرد (Radha *et al.*, 2014). که علت غلظت بالای کادمیوم در کلیه ممکن است به این دلیل باشد که کلیه عملکرد دفعی را انجام می‌دهد و مواد سمی برای دفع از بافت‌های بدن به کلیه منتقل می شوند (Hashemi *et al.*, 2018) در نتیجه، کادمیوم در بافت کلیه تجمع پیدا می‌کند.

میزان فلزات سنگین موجود در بافت کبد گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف در جدول ۵ گزارش شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده، میزان آرسنیک،کادمیوم، کروم و سرب در بافت کبد گاوهای هلشتاین تحت تأثیر مناطق مختلف قرار نگرفت. با این حال، میزان نیکل موجود در بافت کبد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر مناطق مختلف قرار گرفت (P<0.05). به‌طوری‌که کمترین میزان کادمیوم و نیکل بافت کبد گاوهای هلشتاین در منطقه ۲ مشاهده شده، امّا بیشترین میزان کادمیوم در منطقه ۳ و بیشترین میزان نیکل در منطقه ۱ مشاهده گردید.

کبد یکی از اندام‌های اصلی مورد استفاده برای ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در حیوانات است که احتمالاً به‌دلیل نقش آن در سم‌زدایی از سمومی مانند فلزات سنگین است (Ubwa *et al.*, 2017). همچنین بالا و همکاران (Bala *et al.*, 2014) و آکان و همکاران (Akan *et al.*, 2010) بیان کردند که فلزات سنگین در کبد بیش از هر عضوی از بدن تجمع می‌یابند. در مطالعه‌ای نشان داده شد که میزان کادمیوم در بافت کبد در گاو از نظر آماری معنی‌دار بود (Akan *et al.*, 2010).

جدول ۵- میزان فلزات سنگین موجود در بافت کبد گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف (میلی‌گرم/کیلوگرم)

Table 5- The amount of heavy metals in the liver tissue of Holstein cows in different areas [1]

مورد Item	مناطق مختلف Different areas 1	2	3	خطای استاندارد میانگین SEM	مقدار احتمال P- value
آرسنیک AS	0.147	0.136	0.066	0.042	0.36
کادمیم Cd	0.021	0.011	0.045	0.009	0.06
کروم Cr	0.091	0.154	0.089	0.024	0.13
نیکل Ni	0.118[a]	0.038[b]	0.094[ab]	0.018	0.02
سرب Pb	0.250	0.136	0.280	0.068	0.32

[۱] میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P< ۰/۰۵).

۱: منطقه ۱ (شیروان) ۲: منطقه ۲ (اسفراین)۳: منطقه ۳ (بجنورد)

[1] Means within same row with different superscripts differ (P<0.05).

1: Area 1 (Shirvan) 2: Area 2 (Esfrain) 3: Area 3 (Bojnoord)

میزان فلزات سنگین موجود در بافت ریه گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف در جدول ۶ گزارش شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده میزان آرسنیک، کادمیوم و سرب در بافت شش در مناطق مختلف اختلاف معنی‌داری نداشت. با این حال، میزان کروم و نیکل در بافت ریه گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف به‌طور معنی داری تحت تأثیر قرار گرفت (P<0.05). به‌طوری‌که بیشترین میزان کروم و نیکل در منطقه ۲ مشاهده گردید و کمترین میزان کروم، در بافت ریه را منطقه ۳ و منطقه ۱ و ۳ کمترین میزان نیکل را به خود اختصاص داد. مطابق با نتایج ما، در پژوهشی که به‌منظور ارزیابی غلظت فلزات سنگین (سرب و کادمیوم) در ریه گاو از کشتارگاه منتخب در کشور نیجریه انجام شد، غلظت فلزات تفاوت معنی‌داری با هم نداشت که این ممکن است به‌دلیل سطح پایین صنعتی شدن در این بخش از کشور باشد که حیوانات در آن پرورش می‌یابند (Giri *et al.*,2020). همچنین در مطالعه‌ای که در مورد تعیین غلظت فلزات سنگین کروم، کادمیوم، سرب، نیکل، مس، روی، منگنز در اندام‌های داخلی و ماهیچه‌های مختلف گاوهای سیاه و سفید لیتوانیایی و گاوهای هم نژاد بود، نتایج نشان داد که غلظت یون فلزات سنگین در ریه تفاوت معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که بیشترین غلظت کروم مربوط به ریه‌ها بود و تمایل به افزایش غلظت نیکل در ریه‌ها مشاهده شد (Jukna *et al.*, 2006). از طرفی، مومودو و اویبانجی

(Momodu and Oyebanji, 2019) در تعیین محتوای فلزات سنگین در گوشت گاو مشاهده کردند که میزان فلزات سنگین در بافت مورد آزمایش در مناطق صنعتی بیشتر از همان اندام‌ها برای مناطق روستایی بود.

جدول ٦- میزان فلزات سنگین موجود در بافت ریه گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف (میلی‌گرم/کیلوگرم)

Table 6- The amount of heavy metals in the lung tissue of Holstein cows in different areas [1]

مورد Item	مناطق مختلف Different areas 1	2	3	خطای استاندارد میانگین SEM	مقدار احتمال P- value
آرسنیک AS	0.063	0.052	0.060	0.019	0.92
کادمیم Cd	0.027	0.018	0.010	0.008	0.41
کروم Cr	0.162^{ab}	0.221^{a}	0.083^{b}	0.029	0.02
نیکل Ni	0.079^{b}	0.206^{a}	0.029^{b}	0.036	0.01
سرب Pb	0.130	0.414	0.067	0.144	0.023

[۱] میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P <۰/۰۵).

۱: منطقه ۱ (شیروان) ۲: منطقه ۲ (اسفراین)۳: منطقه ۳ (بجنورد)

[1] Means within same row with different superscripts differ (P<0.05).

1: Area 1 (Shirvan) 2: Area 2 (Esfrain) 3: Area 3 (Bojnoord)

میزان فلزات سنگین موجود در بافت عضله ران گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف در جدول ۷ گزارش شده است. میزان فلزات آرسنیک، کادمیوم و سرب در بافت عضله ران گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار نگرفت. با این حال، میزان کروم و نیکل در بافت عضله ران به‌طور معنی‌داری در مناطق مختلف تحت تأثیر قرار گرفت (P<0.05). به‌طوری‌که منطقه ۱ نسبت به مناطق ۲ و ۳ دارای میزان کروم بالاتری بود. میزان نیکل نیز در منطقه ۲ بالاتر از سایر مناطق و دارای اختلاف معنی‌داری با مناطق ۱ و۳ بود (P<0.05). در مطالعه کورنکووا و همکاران (Korenekova *et al.*, 2002)، غلظت نیکل در ماهیچه گاوهای پرورش یافته در مجاورت یک واحد صنعتی از سه منطقه در اسلواکی بین ۰،۱۵ و۰،۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود، مقادیر فوق در مطالعه حاضر بین ۰،۰۲ تا ۰،۲ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. همچنین یافته‌های تکونوو و همکاران (Tchounwou *et al.*, 2012) نشان داد که کروم از طیف گسترده‌ای از منابع طبیعی و انسانی وارد منابع‌های مختلف محیطی (هوا، آب و خاک) می‌شود که بیشترین انتشار آن از مؤسسات صنعتی است. زمانی‌که فلزات سنگین در هوا، خوراک و آب دام‌ها وجود داشته باشد، در نهایت در بافت آن‌ها تجمع می‌یابد (Okareh *et al.*, 2015). ممکن است دلیل غلظت بالای کروم (mg/kg) در بافت نمونه‌برداری شده این باشد که گاو اخیراً در اثر فعالیت‌های انسانی در معرض خوراک آلوده به کروم یا محیط‌های آلوده به کروم قرار گرفته باشند (Sabuwa *et al.*, 2020).

حداکثر سطوح مختلف فلزات سنگین در خوراک دام بر اساس استاندارد اعلام شده توسط سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران آرسنیک دو میلی‌گرم بر کیلوگرم، کادمیوم یک میلی‌گرم بر کیلوگرم و سرب پنج میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (ISIRI, 2009). قابل ذکر است که گاوهای شیری بیشتر مستعد تجمع کادمیوم و سرب هستند. (Hejna *et al.*, 2018). رویدادهای طبیعی و فعالیت‌های انسانی به انتشار آلاینده‌ها، به‌ویژه فلزات سنگین، در محیط در طول سال‌ها کمک می‌کنند. بنابراین، این امر منجر به تقاضا برای به حداقل رساندن اثرات مضر فلزات سنگین سمی می‌شود و استفاده از ترکیبات جاذب مانند: پلیمری، معدنی طبیعی، محصول فرعی صنعتی و جاذب نانومواد کربنی به‌عنوان جاذب مورد استفاده قرار می‌گیرند (Zaimee *et al.*, 2021).

جدول ۷- میزان فلزات سنگین موجود در بافت عضله ران گاوهای هلشتاین در مناطق مختلف (میلی‌گرم/کیلوگرم)

Table 7- The amount of heavy metals in the muscle tissue of Holstein cows in different areas (mg/kg)1

مورد Item	مناطق مختلف Different areas			خطای استاندارد میانگین SEM	مقدار احتمال P- value
	1	2	3		
آرسنیک AS	0.045	0.041	0.051	0.013	0.85
کادمیم Cd	0.030	0.016	0.018	0.009	0.55
کروم Cr	0.189[a]	0.110[b]	0.064[b]	0.021	< 0.01
نیکل Ni	0.182[a]	0.055[b]	0.060[b]	0.022	< 0.01
سرب Pb	0.133	0.138	0.230	0.049	0.33

[۱] میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P <۰/۰۵).

۱: منطقه ۱ (شیروان) ۲: منطقه ۲ (اسفراین)۳: منطقه ۳ (بجنورد)

[1] Means within same row with different superscripts differ (P<0.05).

1: Area 1 (Shirvan) 2: Area 2 (Esfrain) 3: Area 3 (Bojnoord)

نتیجه‌گیری کلی

وجود آلاینده‌های معدنی مانند یون‌های فلزی در اکوسیستم باعث ایجاد یک مشکل زیست‌محیطی بزرگ می‌شود. اگر چه مقادیر عناصر سنگین در بسیاری از موارد بین مناطق بررسی شده اختلاف معنی داری نداشت، امّا مقادیر آن‌ها بیشتر از مقادیر استاندارد گزارش شده برای آن عناصر سنگین در محصولاتی همانند شیر بود، در خصوص غلظت عناصر در بافت‌ها بدون در نظر گرفتن مناطق، بالاترین مقادیر عناصر در بافت‌ها مربوط به غلظت عنصر سرب بود و کبد بیشترین غلظت سرب را نسبت به سایر بافت‌ها داشت. با توجه به تهدیدات متعدد فلزات سنگین در محیط زیست، کاهش حضور این فلزات سمی در محیط بسیار مهم است. لذا، استفاده از ترکیباتی همانند جاذب‌ها برای کاهش غلظت این عناصر در محصولات دامی می‌تواند به‌عنوان راهکار پیشنهاد و مورد بررسی قرار گیرد.

References

1. Abdel-Salam, N. M., Ahmed, S., Basir, A., Rais, A. K., Bibi, A., Ullah, R., Shad, A. A., Muhammad, Z., & Hussain, I. (2013). Distribution of heavy metals in the liver, kidney, heart, pancreas and meat of cow, buffalo, goat, sheep and chicken from Kohat market Pakistan. *Life Science Journal, Jan;10(7s)*,937-40.
2. Akan, J. C., Abdulrahman, F. I., Sodipo, O. A., & Chiroma, Y. A. (2010). Distribution of heavy metals in the liver, kidney and meat of beef, mutton, caprine and chicken from Kasuwan Shanu market in Maiduguri Metropolis, Borno State, Nigeria. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, *2*(8),743-748.
3. Al-Zuhairi, W. S., Farhan, M. A., & Ahemd, M. A. (2015). Determine of heavy metals in the heart, kidney and meat of beef, mutton and chicken from Baquba and Howaydir market in Baquba, Diyala Province, Iraq. *International Journal of Recent Scientific Research*, *6*(8),5965-5967.
4. Aslam, B. (2010). Determination of heavy metal residues in the milk and meat of cattle and goat. Faculty of veterinary sciences, University of Agriculture Faisalabad, Pakistan, 128p. http://142.54.178.187:9060/xmlui/handle/123456789/2508
5. Association of Official Analytical Chemists. (2000). Official Methods of Analysis. 17th Ed.
6. ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), (2000). Toxicological Profile for Chromium. US Department of Human and Health Services. USA.
7. ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), (2008). Cadmium Toxicity where is Cadmium Found? Registry Case Studies in Environmental Medicine (CSEM) Cadmium Toxicity
8. Bala, A., Suleiman, N., Junaidu, A. U., Salihu, M. D., Ifende, V. I., Saulawa, M. A., Magaji, A. A., Faleke, O. O., & Anzaku, S. A. (2014). Detection of lead (Pb), cadmium (Cd), chromium (Cr) nickel (Ni) and magnesium residue in Kidney and liver of Slaughtered Cattle in Sokoto Central Abattoir, Sokoto State, Nigeria. *International Journal of Livestock Research*, *4*(1),74-80. DOI: 10.5455/ijlr.20131002072458
9. Bonyadian, M., Moshtaghi, H., & Soltani, Z. (2006). Study on the residual of Lead and cadmium in raw and

pasteurized milks in Shahrekord area. *Iranian Veterinaria Hungarica, 43*,3-43.
10. Boudebbouz, A., Boudalia, S., Bousbia, A., Habila, S., Boussadia, M. I., & Gueroui, Y. (2021). Heavy metals levels in raw cow milk and health risk assessment across the globe, A systematic review. *Science of the Total Environment*, 751,141830. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141830
11. Bousbia, A., Boudalia, S., Gueroui, Y., Ghebache, R., Amrouchi, M., Belase, B., Meguelati, S., Belkheir, B., Benidir, M., & Chelaghmia, M.L. (2019). Heavy metals concentrations in raw cow milk produced in the different livestock farming types in Guelma province (Algeria), contamination and risk assessment of consumption. JAPS: *Journal of Animal & Plant Sciences*, *29*(2).
12. Chang, X. & Mowat, D. N. (1992). Supplemental chromium for stressed and growing feeder calves. *Journal of Animal Science*, *70*,559-565. https://doi.org/10.2527/1992.702559x
13. Codex alimentarius commission. (2000). Evaluation of certain food additives and contaminations. Report of the joint FAO/WHO expert committee on food additives Geneva. Switzerland, pp. 90-120. PMID: 27514183.
14. Codex alimentarius commission. (2007). Evaluation of certain food additives and contaminations. Report of the 35th Session of codex committee on food additives and contaminants. Arusha, Tanzania,
15. Dhanalakshmi, B., & Gawdaman, G. (2013). Determination of heavy metal in goat milk through ICP-OES. *Asian Journal of Dairying & Foods Research*.,*32*(3),186-190.
16. Ghafoor, A., & Rasool, I. (1999). Zinc, copper, iron and manganese in soils at different canal and water course sections in rice-wheat cropping zone. *International Journal of Agriculture Biology*, *1*,218-221.
17. Giri, S., & Singh, A. K. (2020). Human health risk assessment due to metals in cow's milk from Singhbhum copper and iron mining areas, India. *Journal of Food Science and Technology*, *57*(4),1415-1420. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141830
18. Goyer, R. (1991). Toxic Effects of Metals, In: Casarett and Doull's Toxicology, 4th Ed. Pergamon Press, New York, pp. 623-628.
19. Harding, F. (1995). Milk quality. Springer Technology & Industrial. Translated by: Karim, G., Dayyani, A., & Khaliji, A. H., University of Tehran Press, Iran. pp. 177-179.
20. Hashemi, M., (2018). Heavy metal concentrations in bovine tissues (muscle, liver and kidney) and their relationship with heavy metal contents in consumed feed. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *154*,263-267. (in Persian). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12416.
21. Hejna, M., Gottardo, D., Baldi, A., Dell'Orto, V., Cheli, F., Zaninelli, M., & Rossi, L., 2018. Nutritional ecology of heavy metals. *Animal*, *12*(10),2156-2170. DOI: https://doi.org/10.1017/S175173111700355X
22. Hereshberger, T. V., Wilson, L. L., Chase, L. E., Rugh, M. C., & Valera-Alvaers, H. (1971). Effect of activated carbon on lamb performance and rumen parameters, *Journal of Dairy Science*, *54*(5),693-695. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(71)85908-8
23. Husain, A., Rashdan, A., Awadhi, A., Mahgoub, B., & Amiri, A. (1996). Toxic metals in food products originating from locally reared animals in kuwait. *Bulletin of Environment Contamination and Toxicology*, 549-555.
24. Huwig, A., Freimund, S., Kappeli, O., & Dutler, H. (2001). Mycotoxin detoxification of animal feed by different adsorbants. *Toxicology Letters*, *122*(2),17-188. https://doi.org/10.1016/S0378-4274(01)00360-5
25. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2011). Food & Feed-Maximum limit of heavy metals. ISIRI No. 12968.Karaj: ISIRI.
26. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2009). Animal Feed stuffs- Animal feed concentrate-Specifications. ISIRI No. 3774.Karaj: ISIRI.
27. Jukna, C., Jukna, V., & Siugzdaite, J. (2006). Determination of heavy metals in viscera and muscles of cattle. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, *9*(1),35-41.
28. Khorashadi Zadeh, M. A., Valizadeh, R., & Naserian, A. A. (2017). The effect of long-term dietary cadmium chloride on cadmium concentration in tissues, urine and feces and concentration of iron, zinc and copper in tissues in Holstein male calves. *Animal Production Research Animal Science University of Gilan*, *2*,1-11. (In Persian)
29. Korenekova, B., Skalická, M., & Nad, P. (2002). Concentration of some heavy metals in cattle reared in the vicinity of a metallurgic industry. *Veterinarski Arhiv*, *72*(5),259-268.
30. Momodu, D., & Oyebanji, A. (2019). Determination of heavy metals in selected tissues and organs of cattle from Central Abattoir in Ado-Ekiti, Akure and Owena. *Asian Journal of Applied Chemistry Research*, (4),1-7. DOI: 10.9734/AJACR/2019/v4i1-230102
31. Najam, S., Nawaz, R., Ehsan, N., Khan, M. M., & Nawaz, M. H. (2015). Heavy metals contamination of soils and vegetables irrigation with municipal wastewater: A case study of Faisalabad, Pakistan. *Journal of Environmental & Agricultural Sciences*, *4*,6-10.
32. Najarnezhad, V., Jalilzadeh-Amin, G., Anassori, E., & Zeinali, V. (2015). Lead and cadmium in raw buffalo, cow and ewe milk from west Azerbaijan, Iran. *Food Additives & Contaminants: Part B*, *3;8*(2),123-7. https://doi.org/10.1080/19393210.2015.1007396
33. NRC. (1996). Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th Ed. Natl. Acad. Press. Washington. DC.
34. Okareh, O. T. (2015). Determination of heavy metals in selected tissues and organs of slaughtered cattle from

Akinyele Central Abattoir, Ibadan. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, *5*(11),124–9.
35. Omede, S. N., & Ichado, A. S. (2018). Assessment of heavy metals in the lungs, hearts and muscles of cow from abattoirs in Anyigba, Ejule and Ankpa. *International Journal for Advance Research and Development*, 3(2),233-8.
36. Oymak, T., Ulusoy, H., Hastaoğlu, E., Yılmaz, V., & Yıldırım, Ş. (2017). Some heavy metal contents of various slaughtered cattle tissues in Sivas-Turkey. *Journal of the Turkish Chemical Society Section A*, 4(3),721-728. https://doi.org/10.18596/jotcsa.292601
37. Pereira, M. C. S., Brumano, L. P., Kamiyama, C. M., Pereira, J. P. F., Rodarte, M. P., & de Oliveira Pinto, M. A. (2012). Lácteos com baixo teor de lactose: Uma necessidade para portadores de má digestão da lactose e um nicho de mercado. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, *67*(389),57-65. DOI: https://doi.org/10.5935/2238-6416.20120079
38. Radha, R. V., Kumutha, K., & Marimuthu, P. (2014_. Assessment of cadmium contamination of soils in sewage disposal areasof coimbatore district, Tamil Nadu, India. *Current World Environment*, 1 Aug., 9(2),379. DOI: http://dx.doi.org/10.12944/CWE.9.2.18
39. Radmehr, B., Nematparvar, M., Farhoodi Moghadam, M., & Khoshnevis, M. (2010). Correlation between lead concentration in produced milk and drinking water in a few dairy farms of Tehran province. *Journal of Clinical Research*, *1*,49-56. (In Persian). DOI: 20.1001.1.20088159.1388.1.1.5.0
40. Rahimi, E., & Rokni, N. (2008). Measurement of cadmium residues in muscle, liver and kidney of cattle slaughtered in Isfahan abattoir using grafite furnace atomic absorption spectrometry (GFAAS), A preliminary study. *Iranian Journal of Veterinary Research*, *9*,174-177. (in Persian). DOI: 10.22099/ijvr.2008.547
41. Rey-Crespo, F., Miranda, M., & López-Alonso, M. (2013). Essential trace and toxic element concentrations in organic and conventional milk in NW Spain. *Food and Chemical Toxicology*. 1 May, 55,513-8. https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.01.040
42. Rosas, I., Belmont, R., Armineta, A., & Baez, A. (1999) Arsenic concentration in water, soil milk and forage in ComaracaLagunera, Mexico. Water, Air and Soil Pollution, 112,133-149. https://doi.org/10.1023/A:1005095900193
43. Saber, R., & Parviz, A. (2017). Survey on the amount of cadmium in milk and its correlation with milk production in dairy farms of Tabriz area. *Veterinary Clinical Pathology The Quarterly Scientific Journal*, *10*(4 (40) Winter),315-325.
44. Sabuwa, A. M., & Nafarnda, W. D. (2020). Determination of Concentration of Some Heavy Metals in Tissues of Cattle Slaughtered from Southern Agricultural Zone of Nasarawa State, Nigeria. DOI: 10.36349/easjvms.2020.v02i05.001
45. Safaei, P., Seilani, F., Eslami, F., Sajedi, S. R., & Mohajer, A. (2021). Determination of essential nutrients and heavy metal content of raw cow's milk from East Azerbaijan province, Iran. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, *101*(14),2368-78. (in Persian) https://doi.org/10.1080/03067319.2019.1702171
46. Sambu, S., & Wilson, R. (2008). Arsenic in food and water- A brief history. *Toxicology and Industrial Health*, *24*, 217-226. https://doi.org/10.1177/0748233708094096
47. Series, T. F. (2009). Mercury, lead, cadmium, tin and arsenic in food. *Food Safety*, *1*,1-13.
48. SAS.Statistical Analysis System. (2009). Users Guide: Statistics, Version 9.2. SAS Institute, Cary, NC, USA.
49. Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. In Molecular, clinical and environmental toxicology (pp. 133-164). Springer, Basel. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6
50. Tibulca, D., Jimborean, M., & Salagean, D.C. (2012). Variation of heavy metal content from raw milk according to season. University of Craiova, 17,401-406.
51. Ubwa, S. T., Ejiga, R., Okoye, P. A., & Amua, Q. M. (2017). Assessment of heavy metals in the blood and some selected entrails of cows, goat and pigs slaughtered at Wurukum Abattoir, Makurdi-Nigeria. *Advances in Analytical Chemistry*, *7*(1),7-12. DOI: 10.5923/j.aac.20170701.02
52. Vafa, T., Khorashadi Zadeh, M. A., & Valizadeh, R. (2018). Studying the Lead concentration in raw milk of dairy farm in mashhad. The international conference on agricultural science on medicinal plants & traditional medicine. Payam Noor University of Khorasan Razavi, Iran. (In Persian) DOI: 10.22067/ijasr.2023.79760.1119
53. Zaimee, M. Z. A., Sarjadi, M. S., & Rahman, M. L. (2021). Heavy metals removal from water by efficient adsorbents. *Water*, *13*(19),2659. https://doi.org/10.3390/w13192659
54. Zain, S. M., Behkami, S., Bakirdere, S., & Koki, I. B. (2016). Milk authentication and discrimination via metal content clustering – A case of comparing milk from Malaysia and selected countries of the world. *Food Control* *66*,306–314. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.02.015